

Рис. 5. Зависимость угла раскрытия факела горелки ГПС-0,4 от угла раскрытия горелочного камня

Изменяющая форма отверстия горелочного камня напрямую влияет на форму и длину факела, что позволяет подобрать форму факела именно того типа, который будет необходим для оптимального проведения технологического процесса, протекающего на данном зажига-тельном горне.

Список использованных источников

1. SolidWorks 2011 на примерах / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 496 с.
2. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский [и др.]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
3. Руководство по эксплуатации горелки ГПС–0,4. Екатеринбург: ОАО «Научно исследовательский институт металлургической теплотехники», 2015. – 12 с.

УДК 669:504.062.2/47

С. Н. Кузнецов, И. А. Рыбенко, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянцев, Д. Т. Неунывахина
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В УСЛОВИЯХ ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ОКУСКОВАНИЯ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАМОВ

Аннотация

В работе с использованием программного комплекса «Терра» проведено термодинамическое моделирование восстановления железа при производстве железобокса с применением адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов.

Ключевые слова: восстановление железа, адсорбционное обезвоживание, термохимическое окускование конвертерные шламы.

Abstract

In this work, using the software complex "Terra" held thermo-dynamic modeling of iron re-

duction in the production of ferrocoke with the use of adsorption thermochemical dehydration and sintering of BOF sludge.

Keywords: reduction of iron, adsorption dehydration, thermo-chemical agglomeration of BOF sludge.

При выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах и конвертерах широкое распространение получают подготовленные шихтовых материалы, например, синтиком и оксидно-угольные брикеты [1]. Они представляют собой композиции из Fe–C–O содержащих природных и техногенных материалов, в том числе окалины, шламов, плавильной пыли, коксовой мелочи и т.п. [2, 3].

К одной из разновидностей подготовленных или композиционных шихтовых материалов можно отнести железокоск и железокосковые брикеты [4, 5]. Концепция производства железокоска разработана еще в 30-х годах прошлого века и была ориентирована на спекание железорудной пыли, не пригодной для плавки в доменных печах, с жирным или битуминизированным углем в коксовых батареях. Железокоск можно классифицировать как Fe–C композицию, прошедшую тепловую обработку вне плавильного агрегата. Железокоск композиционный материал, содержащий в основном восстановленное железо и углерод. В работах [6, 7] представлены результаты разработки основ технологии производства железокоска с применением адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов. Завершающей стадией производства железокоска по такой технологии является термохимический способ окускования шлама в процессе его коксования в смеси со спекающимися углями, который обеспечивает восстановление железа из его оксидов. При этом практический интерес представляет определение термодинамических условий, необходимых для восстановления железа и границ концентрационных областей, позволяющих рационализировать состав сырьевой смеси и температурный режим процесса.

В данной работе с использованием программного комплекса «Терра», созданного в Московском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана [8], проведено математическое моделирование термодинамики процессов восстановления железа из конвертерных шламов.

В работе проведено исследование процесса восстановления железа из конвертерного шлама различными восстановителями (таблицы 1, 2) [6, 9].

Таблица 1

Химический состав конвертерного шлама

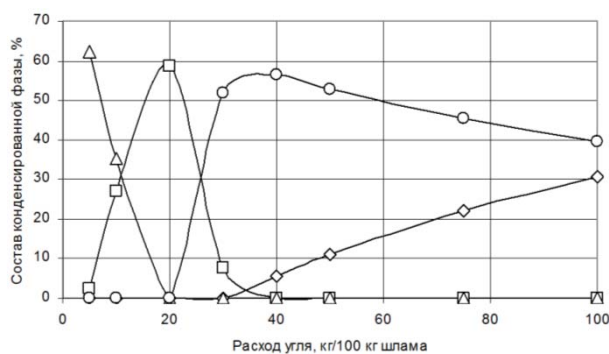
Вещество	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	SiO ₂	K ₂ O	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	C
%	64,17	1,82	4,60	16,71	5,76	0,19	0,07	0,10	0,63
Вещество	ZnO	CuO	PbO	MnO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	S
%	1,11	0,06	0,11	1,08	1,93	0,88	0,32	0,21	0,24

Исследование влияния расхода восстановителя на параметры процесса проводили в модельной системе, представленной 100 кг конвертерного шлама. Количество угольного концентрата варьировали в диапазоне значений 5–100 кг. При температуре 1100 °С рассчитывали равновесные составы. Результаты расчетов для процесса восстановления концентратами ЦОФ «Кузнецкая» ГЖ+Ж и марки Ж Межэгейского месторождения приведены на рисунках 1 а, б соответственно.

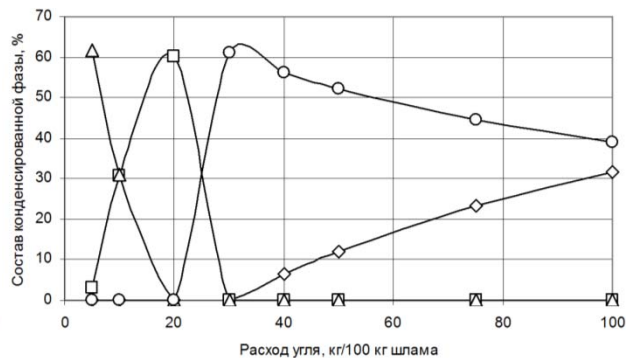
Таблица 2

Характеристики угольных концентратов

№ про-бы	Теханализ, %				Пластометрия, мм		Петрография		
	W ^r	A ^d	V ^{daf}	S ^d	X	Y	V _t , %	S _r	R
ГЖ+Ж	10,5	7,8	38	0,56	17	24	85,0	0,56	0,864
Ж	8,6	8,1	38,2	0,67	-2	34	93,0	0,045	0,853



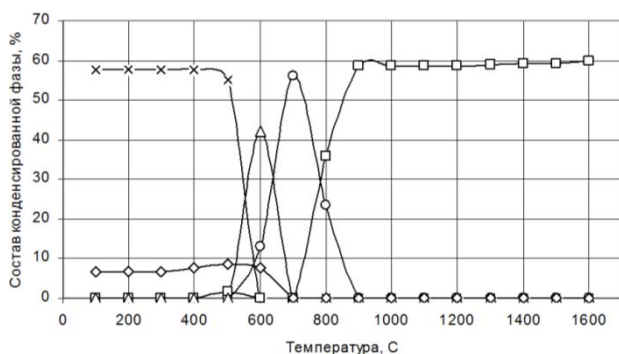
а



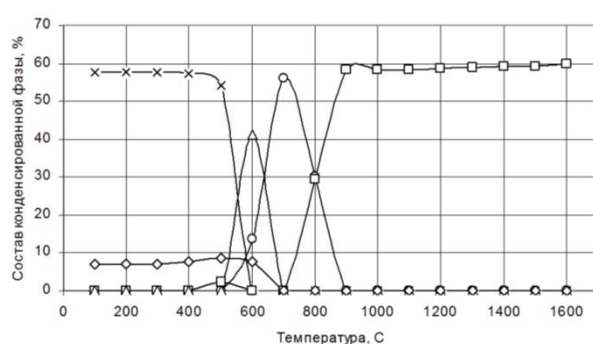
б

Рис. 1. Зависимость состава конденсированной фазы процесса восстановления конвертерного шлама от расхода концентрата углей марок ГЖ+Ж Кузнецкой ЦОФ (а), Ж Межэгейского месторождения (б) (\diamond – С, \square – Fe, Δ – FeO, \circ – Fe₃C)

На рисунке 2 представлены результаты исследования влияния температуры на процесс восстановления.



а



б

Рис. 2. Температурные зависимости состава конденсированной фазы процесса восстановления конвертерного шлама концентратами углей марок ГЖ+Ж Кузнецкой ЦОФ (а), Ж Межэгейского месторождения (б) (\diamond – С, \square – Fe, Δ – FeO, \circ – Fe₃C, \times – Fe₃O₄)

Результаты математического моделирования показали, что исследуемые концентраты как восстановители имеют аналогичные свойства, которые определяются их составом, полное восстановление железа происходит при расходе угольного концентрата 20 кг / 100 кг шлама. При этом значении содержание восстановленного железа максимально и для концентрата ЦОФ «Кузнецкая» ГЖ+Ж составляет 58,5 %, а марки Ж Межэгейского месторождения – 60,1 %. Оксид железа отсутствует. При увеличении расхода восстановителя концентрация железа снижается и растет содержание его карбида. При расходе концентрата ЦОФ «Кузнецкая» ГЖ+Ж 40 кг / 100 кг шлама, концентрация карбида железа максимальна и составляет 56,4 %. Для концентрата марки Ж Межэгейского месторождения максимальное содержание карбида кремния составляет 61 % при его расходе 30 кг / 100 кг шлама. Затем, при дальнейшем увеличении расхода восстановителя содержание карбида снижается за счет разбавления конденсированной фазы из-за избытка углерода в системе. Газовая фаза состоит преимущественно из СО. Таким образом, для полного восстановления железа необходимы температуры не ниже 900 °С, минимальный расход угольных концентратов из углей марок ГЖ и Ж Кузнецкой ЦОФ и Ж Межэгейского месторождения аналогичен и составляет 20 кг / 100 кг конвертерного шлама.

При необходимости получения железокоса с регламентированным содержанием углерода С, % удельные расходы М, кг / 100 кг шлама угольных концентратов могут быть определены по соотношениям:

– для смеси углей марок ГЖ и Ж Кузнецкой ЦОФ

$$M = 21,94 + 1,68C + 0,02C^2 \quad (1)$$

– Ж Межэгейского месторождения

$$M = 21,62 + 1,52C + 0,02C^2. \quad (2)$$

Выводы: Установлено, что при использовании в качестве восстановителей концентратов ЦОФ «Кузнецкая» (состоящего из углей марок: газовый жирный (ГЖ) 50 % и жирный (Ж) 50 %) и угля марки Ж Межэгейского месторождения полное восстановление железа происходит при их расходе 20 кг / 100 кг шлама и температурах не ниже 900 °С.

Список использованных источников

1. Шахпазов Е.Х., Дорофеев Г.А. Новые синтетические композиционные материалы и технология выплавки стали с их использованием. – М.: Интерконтакт Наука, 2008. – 272 с.
2. Черепанов К.А., Абрамович С.М., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н. Рециклинг твердых отходов в металлургии. – М.: Флинта: Наука, 2004. – 212 с.
3. Кузнецов С.Н., Волынкина Е.П., Протопопов Е.В., Зоря В.Н. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений, промышленных и бытовых отходов. – Новосибирск: СО РАН, 2014. – 294 с.
4. Ульянов В.П., Булавин В.И., Бутенко А.Н. Термическая переработка нефть- и железосодержащих промышленных отходов с получением товарной продукции // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 3. – С. 48–53.
5. Тайц Е.М. Кокс и железокс на основе брикетирования. – М.: Металлургия, 1965. – 173 с.
6. Школлер М.Б., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Темлянцев М.В., Иванов В.П. Разработка основ технологии адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов // Вестник горо-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. – 2016. Вып. 37. – С. 46–53.
7. Кузнецов С.Н., Школлер М.Б., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. Технологические основы адсорбционного обезвоживания и термохимического окускования конвертерных шламов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2017. – № 4. – С. 268–275.
8. Трусов Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III межд. симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. – Алматы: Казак университеті, 2005. – С. 52–57.
9. Кузнецов С.Н., Рыбенко И.А., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Фейлер С.В. Термодинамическое моделирование процессов восстановления железа при термохимическом окусковании конвертерных шламов // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1. – С. 25–28.

УДК 669.046

О. В. Кузнецова, К. С. Коноз, М. В. Темлянцев, Н. В. Темлянцев

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРЕВА ЗАГОТОВОК В МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧАХ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПОДОМ НА УГАР МЕТАЛЛА

Аннотация

В работе проведено исследование влияния неравномерности нагрева заготовок по длине на угар металла в методических печах с механизированным подом. Установлено, что повышение неравномерности нагрева поверхности заготовки приводит к росту угара, причем эта зависимость имеет нелинейный характер.